

Calculatrice et 1 page de notes A4 autorisés, téléphones portables interdits même éteints.
Réponses **justifiées** sur ce document.
Rédaction prise en compte dans la notation.

/40

Le produit :



Le produit étudié (voir dessin de définition) est un actionneur thermomécanique, développé par la société AER, permettant de faire pivoter les volets de protection thermique d'une sonde spatiale d'observation de planètes du système solaire.

Travail demandé:

1. Spécification $\phi 17^{+0.05}_0 \text{ (E)}$

1.1. Choix de l'instrument de mesure

✍ Indiquer précisément les conditions de conformité de cette spécification

/1

◇ On s'intéresse à présent uniquement à la spécification géométrique dimensionnelle $\phi 17^{+0.05}_0$
Le premier instrument de mesure retenu est un micromètre d'intérieur à trois touches.



✍ Expliquer en quoi ce type d'appareil ne peut pas effectuer de mesure respectant la norme iso 8015 :

/1

◇ L'instrument de mesure finalement choisi est un vérificateur d'alésage avec les caractéristiques suivantes :

- capacité 10 à 18,5 mm
- résolution 0,001 mm
- profondeur 100 mm
- "précision" $\pm 5 \mu\text{m}$



Notations:

Diamètre de la pièce à 20°C: $d_{20^\circ\text{C}}$

Diamètre de la pièce à θ_P °C: d_{θ_P}

Paramètres:

Caractéristique	Pièce	Vérificateur d'alésage
Matériau	Aluminium	
Coefficient de dilation ($^\circ\text{C}^{-1}$)	$\alpha_P = (23,6 \pm 3) \cdot 10^{-6}$	
Justesse ($k=2$) (μm)		± 5
Résolution (μm)		1
Température ($^\circ\text{C}$)	$\theta_P = (35 \pm 5)$ ($k=3$)	20

Relevé de mesures: effectué en 12 points différents

Mesure d_{θ_P} (mm)	
1	17.049
2	17.053
3	17.05
4	17.049
5	17.05
6	17.048
7	17.049
8	17.05
9	17.052
10	17.049
11	17.049
12	17.052

$$\overline{d_{\theta_P}} = 17,05000 \text{ mm}$$

$$\sigma_{n-1} = 0,00154 \text{ mm}$$

1.2. Modélisation mathématique du processus de mesure

✍ Exprimer littéralement d_{θ_P} en fonction de $d_{20^\circ\text{C}}$, α_P et $\Delta\theta_P$.

✎ En utilisant un développement limité de type: $\frac{1}{1+X} = 1 - X + X^2 - X^3 \dots$ montrer que:
 $d_{20^\circ C} = d_{\theta P} (1 - \alpha_P \Delta \theta_P)$

/1

◇ D'après les conditions de mesure, l'effet et les incertitudes liés à la dilation thermique de l'instrument de mesure sont négligés.

1.3. Estimation des d'incertitudes

✎ Compléter le tableau suivant, en rédigeant littéralement puis numériquement directement dans les cases.

Les informations complémentaires peuvent être notées ci-dessous

Incertitude	Loi de distribution	Type de Méthode	Amplitude a_i ou incertitude élargie U_i	Coefficient de sensibilité s_i	Incertitude type u_i	Variance type pondérée $s_i^2 u_i^2$
Répétabilité				1		
Justesse comparateur	Normale $k=2$	B	$\pm 5 \mu\text{m}$	1		
Résolution comparateur		B	$1 \mu\text{m}$	1		
Etalonnage	Normale $k=2$	B	$\pm 0,5 \mu\text{m}$	1	$0,25 \mu\text{m}$	
Température pièce	Normale $k=3$					
Coef. de dilatation pièce	$k=3$	B	$\pm 3 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$			
/8						

Rappel : $u_{\text{rés digital}} = r_{\text{rés}} / 2\sqrt{3}$ et $u_{\text{rés analogique}} = r_{\text{rés}} / 2\sqrt{6}$

/1

L'incertitude composée est : $u_c =$

/1

L'incertitude élargie ($k=2$) est égale à : $U =$

1.4. Expression du résultat de mesure:

Ecrire le résultat de la mesure, corrigé en température et arrondi:
 $d_{20^\circ C} =$

/2

Calculer la capacité du moyen de contrôle C_{mc} et analyser ce résultat

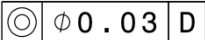
/2

Déclarer ou non la conformité de la spécification

/2

Calculer la probabilité de non-conformités de cette mesure, par excès (les tables de la loi normale sont données en fin de sujet)

/2

2. Spécification de coaxialité 

La spécification est mesurée sur MMT

2.1. Analyse de la spécification

Définition de l'élément tolérancé

✎ Définition de l'élément de référence :

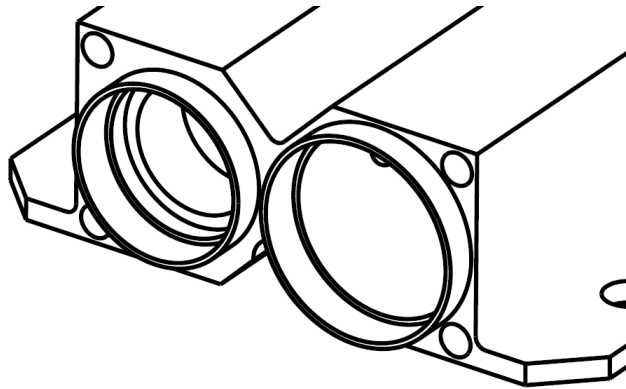
✎ Définition de la référence spécifiée

/3

✎ Définition de la zone de tolérance :

✎ Condition de conformité géométrique :

2.2. Elaboration de la gamme de mesure



/2

✎ Représenter les éléments palpés sur la perspective ci-dessus

✎ Lister les éléments construits (ex: $PT1=PL1 \cap CYL1$)

/2

✎ Acquisition d'informations de distances ou d'angles (ex: $D1=dist(PT1;PL1)$)

/1

✎ Condition de conformité numérique

/1

3. Spécification de localisation $\boxed{\oplus} \boxed{\phi 0.05} \boxed{B-C} \boxed{G}$

3.1. Analyse de la spécification

 Définition de l'élément tolérancé

 Définition de l'élément de référence :

 Définition de la référence spécifiée

 Définition de la zone de tolérance :

 Condition de conformité géométrique :

3.2. Construction du repère de dégauchissage

◇ La mesure de cette spécification impose de créer un repère de dégauchissage pièce, tel que représenté ci-contre.

 Indiquer comment ont été placés les axes $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ (ex: $\vec{x} \perp [A]$) et compléter le schéma

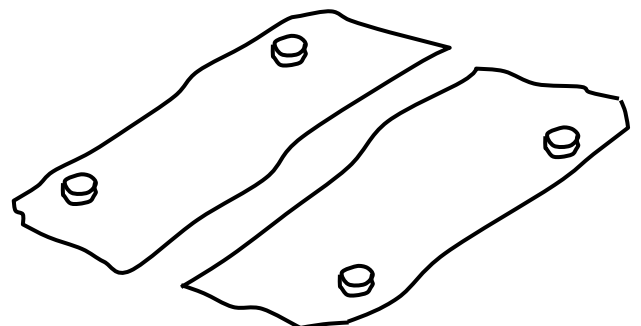
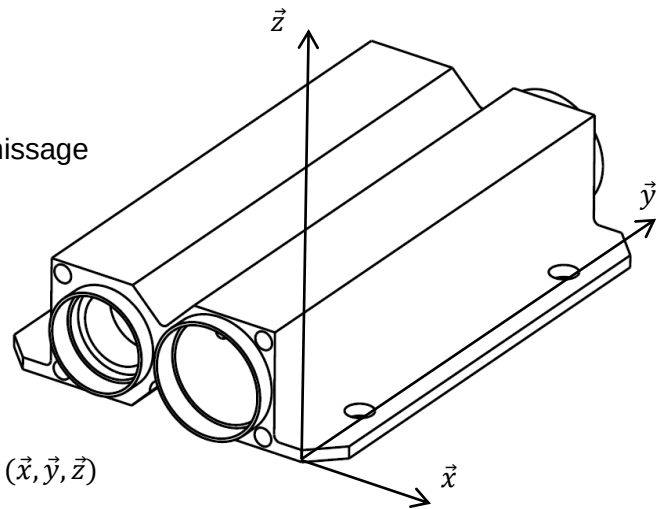


Schéma à compléter

3.1. Analyse des résultats

◇ Après dégauchissage de la pièce puis palpage et construction géométrique, on obtient les coordonnées des 2 points extrémité de l'alésage.

Point n°	Coordonnées théorique points A _i			Coordonnées mesurées points a _i			Ecart de localisation
	X	Y	Z	x	y	z	
1		-3		-15.021	-3.112	9.985	
2		1		-14.997	0.987	10.013	

✍ Compléter le tableau ci-dessus

✍ Conclure sur la conformité de la spécification

4. Pour aller plus loin... raideur du ressort (question hors barème)

◇ L'actionneur pneumatique nécessite l'utilisation d'un ressort de raideur contrôlée:

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8D^3n}$$

avec les valeurs des caractéristiques et leurs incertitudes types:

- $G=78120 \pm 150$ N/mm²
- $d=1,75 \pm 0,10$ mm
- $D=14,80 \pm 0,35$ mm
- $n=15$

✍ Calculer la raideur du ressort en indiquant l'incertitude élargie (k=2) sur le résultat.

Table de la loi normale centrée réduite



Probabilité de trouver une valeur supérieure à z

z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0	5,00E-01	4,96E-01	4,92E-01	4,88E-01	4,84E-01	4,80E-01	4,76E-01	4,72E-01	4,68E-01	4,64E-01
0,1	4,60E-01	4,56E-01	4,52E-01	4,48E-01	4,44E-01	4,40E-01	4,36E-01	4,33E-01	4,29E-01	4,25E-01
0,2	4,21E-01	4,17E-01	4,13E-01	4,09E-01	4,05E-01	4,01E-01	3,97E-01	3,94E-01	3,90E-01	3,86E-01
0,3	3,82E-01	3,78E-01	3,74E-01	3,71E-01	3,67E-01	3,63E-01	3,59E-01	3,56E-01	3,52E-01	3,48E-01
0,4	3,45E-01	3,41E-01	3,37E-01	3,34E-01	3,30E-01	3,26E-01	3,23E-01	3,19E-01	3,16E-01	3,12E-01
0,5	3,09E-01	3,05E-01	3,02E-01	2,98E-01	2,95E-01	2,91E-01	2,88E-01	2,84E-01	2,81E-01	2,78E-01
0,6	2,74E-01	2,71E-01	2,68E-01	2,64E-01	2,61E-01	2,58E-01	2,55E-01	2,51E-01	2,48E-01	2,45E-01
0,7	2,42E-01	2,39E-01	2,36E-01	2,33E-01	2,30E-01	2,27E-01	2,24E-01	2,21E-01	2,18E-01	2,15E-01
0,8	2,12E-01	2,09E-01	2,06E-01	2,03E-01	2,00E-01	1,98E-01	1,95E-01	1,92E-01	1,89E-01	1,87E-01
0,9	1,84E-01	1,81E-01	1,79E-01	1,76E-01	1,74E-01	1,71E-01	1,69E-01	1,66E-01	1,64E-01	1,61E-01
1	1,59E-01	1,56E-01	1,54E-01	1,52E-01	1,49E-01	1,47E-01	1,45E-01	1,42E-01	1,40E-01	1,38E-01
1,1	1,36E-01	1,33E-01	1,31E-01	1,29E-01	1,27E-01	1,25E-01	1,23E-01	1,21E-01	1,19E-01	1,17E-01
1,2	1,15E-01	1,13E-01	1,11E-01	1,09E-01	1,07E-01	1,06E-01	1,04E-01	1,02E-01	1,00E-01	9,85E-02
1,3	9,68E-02	9,51E-02	9,34E-02	9,18E-02	9,01E-02	8,85E-02	8,69E-02	8,53E-02	8,38E-02	8,23E-02
1,4	8,08E-02	7,93E-02	7,78E-02	7,64E-02	7,49E-02	7,35E-02	7,21E-02	7,08E-02	6,94E-02	6,81E-02
1,5	6,68E-02	6,55E-02	6,43E-02	6,30E-02	6,18E-02	6,06E-02	5,94E-02	5,82E-02	5,71E-02	5,59E-02
1,6	5,48E-02	5,37E-02	5,26E-02	5,16E-02	5,05E-02	4,95E-02	4,85E-02	4,75E-02	4,65E-02	4,55E-02
1,7	4,46E-02	4,36E-02	4,27E-02	4,18E-02	4,09E-02	4,01E-02	3,92E-02	3,84E-02	3,75E-02	3,67E-02
1,8	3,59E-02	3,51E-02	3,44E-02	3,36E-02	3,29E-02	3,22E-02	3,14E-02	3,07E-02	3,01E-02	2,94E-02
1,9	2,87E-02	2,81E-02	2,74E-02	2,68E-02	2,62E-02	2,56E-02	2,50E-02	2,44E-02	2,39E-02	2,33E-02
2	2,28E-02	2,22E-02	2,17E-02	2,12E-02	2,07E-02	2,02E-02	1,97E-02	1,92E-02	1,88E-02	1,83E-02
2,1	1,79E-02	1,74E-02	1,70E-02	1,66E-02	1,62E-02	1,58E-02	1,54E-02	1,50E-02	1,46E-02	1,43E-02
2,2	1,39E-02	1,36E-02	1,32E-02	1,29E-02	1,25E-02	1,22E-02	1,19E-02	1,16E-02	1,13E-02	1,10E-02
2,3	1,07E-02	1,04E-02	1,02E-02	9,90E-03	9,64E-03	9,39E-03	9,14E-03	8,89E-03	8,66E-03	8,42E-03
2,4	8,20E-03	7,98E-03	7,76E-03	7,55E-03	7,34E-03	7,14E-03	6,95E-03	6,76E-03	6,57E-03	6,39E-03
2,5	6,21E-03	6,04E-03	5,87E-03	5,70E-03	5,54E-03	5,39E-03	5,23E-03	5,08E-03	4,94E-03	4,80E-03
2,6	4,66E-03	4,53E-03	4,40E-03	4,27E-03	4,15E-03	4,02E-03	3,91E-03	3,79E-03	3,68E-03	3,57E-03
2,7	3,47E-03	3,36E-03	3,26E-03	3,17E-03	3,07E-03	2,98E-03	2,89E-03	2,80E-03	2,72E-03	2,64E-03
2,8	2,56E-03	2,48E-03	2,40E-03	2,33E-03	2,26E-03	2,19E-03	2,12E-03	2,05E-03	1,99E-03	1,93E-03
2,9	1,87E-03	1,81E-03	1,75E-03	1,69E-03	1,64E-03	1,59E-03	1,54E-03	1,49E-03	1,44E-03	1,39E-03
3	1,35E-03	1,31E-03	1,26E-03	1,22E-03	1,18E-03	1,14E-03	1,11E-03	1,07E-03	1,04E-03	1,00E-03
3,1	9,68E-04	9,35E-04	9,04E-04	8,74E-04	8,45E-04	8,16E-04	7,89E-04	7,62E-04	7,36E-04	7,11E-04
3,2	6,87E-04	6,64E-04	6,41E-04	6,19E-04	5,98E-04	5,77E-04	5,57E-04	5,38E-04	5,19E-04	5,01E-04
3,3	4,83E-04	4,66E-04	4,50E-04	4,34E-04	4,19E-04	4,04E-04	3,90E-04	3,76E-04	3,62E-04	3,49E-04
3,4	3,37E-04	3,25E-04	3,13E-04	3,02E-04	2,91E-04	2,80E-04	2,70E-04	2,60E-04	2,51E-04	2,42E-04
3,5	2,33E-04	2,24E-04	2,16E-04	2,08E-04	2,00E-04	1,93E-04	1,85E-04	1,78E-04	1,72E-04	1,65E-04
3,6	1,59E-04	1,53E-04	1,47E-04	1,42E-04	1,36E-04	1,31E-04	1,26E-04	1,21E-04	1,17E-04	1,12E-04
3,7	1,08E-04	1,04E-04	9,96E-05	9,57E-05	9,20E-05	8,84E-05	8,50E-05	8,16E-05	7,84E-05	7,53E-05
3,8	7,23E-05	6,95E-05	6,67E-05	6,41E-05	6,15E-05	5,91E-05	5,67E-05	5,44E-05	5,22E-05	5,01E-05
3,9	4,81E-05	4,61E-05	4,43E-05	4,25E-05	4,07E-05	3,91E-05	3,75E-05	3,59E-05	3,45E-05	3,30E-05
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	3,17E-05	2,07E-05	1,33E-05	8,54E-06	5,41E-06	3,40E-06	2,11E-06	1,30E-06	7,93E-07	4,79E-07
5	2,87E-07	1,70E-07	9,96E-08	5,79E-08	3,33E-08	1,90E-08	1,07E-08	5,99E-09	3,32E-09	1,82E-09